



UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

First Semester Examination  
2017/2018 Academic Session

January 2018

**ESA 366 – Flight Performance**  
**[Prestasi Penerbangan]**

Duration : 2 hours  
[Masa : 2 jam]

Please ensure that this paper contains **TEN (10)** printed pages and **THREE** questions before you begin examination.

*[Sila pastikan bahawa kertas soalan ini mengandungi **SEPULUH (10)** mukasurat bercetak dan **TIGA** soalan sebelum anda memulakan peperiksaan].*

**Instructions** : Answer **ALL** of the questions.

**[Arahan** : Jawab **SEMUA** soalan].

Answer all questions in English only.

*[Jawab kesemua soalan di dalam Bahasa Inggeris sahaja].*

Each question must begin from a new page.

*[Setiap soalan mestilah dimulakan pada mukasurat yang baru].*

In the event of any discrepancies, the English version shall be used.

*[Sekiranya terdapat sebarang percanggahan pada soalan peperiksaan, versi Bahasa Inggeris hendaklah diguna pakai].*

For the questions that require explanation, you are expected to answer the questions as detailed as possible with properly and fully constructed sentences to receive full credits.

*[Bagi soalan-soalan yang memerlukan penerangan, anda di minta untuk menjawab soalan-soalan tersebut secara terperinci dengan menggunakan ayat yang disusun lengkap untuk menerima kredit yang penuh].*

Each student is allowed to bring an A4-sized sheet of self-prepared two-page summary note.

*[Setiap pelajar dibenarkan untuk membawa sehelai nota ringkasan bersaiz A4 yang mempunyai dua mukasurat yang ditulis sendiri].*

Partial credits will be given accordingly to the work shown correctly.

*Sebahagian kredit akan diberikan secara berpatutan untuk jalan kerja yang ditunjukkan dengan betul.*

1.
  - [a] Explain the physics behind the gaps at the slats and flaps to delay flow separation. Use relevant diagrams/sketches to support your argument. Hint: some relevant keywords are adverse pressure gradient, boundary layer, velocity profile, and stall. (15 marks)
  - [b] Propose a high lift device with the highest possible performance in increasing the maximum lift coefficient: draw and explain key features. Hint: as discussed in class, this high lift device could potentially increase the maximum lift coefficient to more than 3.5. (15 marks)
2. The ATR 72-500 (**see Figure 1**) is a twin-engine turboprop primarily used as a short-haul regional aircraft owned by Firefly Sdn Bhd, a subsidiary of Malaysia Airlines Berhad. Its entire fleet of 19 aircrafts consists of the ATR 72 model. Use the data in Table 1 to approximate the performance of this aircraft. Explain your calculations and justify the equations used clearly.



**Figure 1: An ATR 72-500 owned and operated by Firefly Sdn. Bhd.**

Table 1: Aircraft parameters and flight characteristics for ATR 72-500.

No.	Parameter	Symbol	Value
1	Wing Span	$b$	27.05 m
2	Wing Area	$S$	61 m <sup>2</sup>
3	Maximum Take-off Mass	$m_{TO}$	22800 kg
4	Zero-lift Drag Coefficient	$C_{D,0}$	0.024
5	Oswald Efficiency Factor	$e_0$	0.75
6	Propeller Efficiency	$\eta_{pr}$	0.6
8	Air Density at Sea Level	$\rho_\infty$	1.225 kg/m <sup>3</sup>
9	Total Shaft Power (per engine)	$P$	2050 kW

Note: Some of these values are rough estimates based on the available information.

- [a] Determine the 3 key flight parameters (aircraft velocity, climbing angle, and rate of climb) immediately after take-off for each of the following cases: (i) climbing at the maximum climbing rate, and (ii) climbing with the maximum climbing angle.

**(15 marks)**

- [b] Sketch a hodograph diagram for the aircraft when operating at its maximum shaft power, and locate the two points calculated in (a).

**(5 marks)**

- [c] Propose a numerical technique to determine the time for the aircraft to climb to its cruising altitude. Sketch relevant diagrams to support your answer. You do not have to calculate any actual values here. Hint: apply what you did in your Team Project.

**(10 marks)**

3. Airbus A320 (**see Figure 2**) is a short-to-medium-range twin-engine aircraft. It has been recognized as the fastest-ever selling commercial aircraft. AirAsia Berhad itself currently owns and operates a full fleet of 81 aircrafts consisting entirely of this model. Its relevant parameters are provided in **Table 2**.



**Figure 2: An Airbus A320 owned and operated by AirAsia Berhad.**

Table 2: Aircraft parameters and flight characteristics for Airbus A320.

No.	Parameter	Symbol	Value
1	Wing Span	$b$	35.8 m
2	Wing Area	$S$	124 m <sup>2</sup>
3	Maximum Take-off Mass	$m_{TO}$	78000 kg
4	Zero-lift Drag Coefficient	$C_{D,0}$	0.02
5	Oswald Efficiency Factor	$e_0$	0.66
6	Total Maximum Thrust, per engine	$T_{A,max}$	120 kN
7	Maximum Lift Coefficient	$C_{L,max}$	1.9

Note: Some of these values are rough estimates based on the available information.

Please answer the following questions:

- [a] Plot the graph of the maximum load factor vs. flight velocity for the aircraft immediately after takeoff. Use at least 5 different velocities starting from the stall velocity (that you must calculate first) towards the transonic velocity (of about 900 km/h).  
**(20 marks)**
- [b] Calculate its potential minimum turning radius ( $R_{\min}$ ) based on the maximum thrust produced from the engines, and show the condition on the graph in (a).  
**(10 marks)**
- [c] Is this flight condition possible? Why? Use the graph in (a) to explain, and show the actual location for  $R_{\min}$  if it exists.  
**(10 marks)**

1. [a] Terangkan prinsip fizik berkaitan ruang kecil pada slat dan flap untuk melambatkan proses pengasingan aliran udara. Gunakan gambarajah/lakaran berkaitan untuk menyokong hujah anda. Kiasan: beberapa kata kunci adalah kecerunan tekanan yang kurang baik, lapisan batas, profil halaju, dan kepegungan.  
(15 markah)
- [b] Usulkan sebuah alat peningkat daya angkat yang mempunyai prestasi paling tinggi dalam meningkatkan pemalar daya angkat maksima. Lakarkan dan terangkan ciri-ciri utamanya. Kiasan: seperti yang telah dibincangkan di dalam kelas, alat ini mampu meningkatkan pemalar daya angkat maksima melebihi 3.5.  
(15 markah)
2. ATR 72-500 (**lihat Gambarajah 1**) adalah sebuah enjin berkembar turboprop yang digunakan terutamanya sebagai pesawat penerbangan serantau jarak pendek. Firefly Sdn Bhd adalah anak syarikat Malaysia Airlines Berhad. Keseluruhan armadanya terdiri daripada 19 buah pesawat ATR 72. Gunakan data di dalam Jadual 1 untuk menganggarkan prestasi pesawat tersebut. Jelaskan pengiraan anda dan berikan justifikasi penggunaan formula dengan jelas.
- [a] Tentukan 3 parameter utama penerbangan (halaju pesawat, sudut pendakian, dan kadar pendakian) sebaik selepas perlepasan untuk setiap kes berikut: (i) pendakian dengan kadar pendakian maksima, dan (ii) pendakian dengan sudut pendakian maksima.  
(15 markah)
- [b] Lakarkan diagram hodograph bagi pesawat tersebut semasa beroperasi menggunakan kuasa maksima, dan tunjukkan kedua-dua titik penerbangan yang dikira di (a).  
(5 markah)
- [c] Cadangkan satu teknik berangka untuk menentukan masa minima bagi pesawat tersebut untuk mendaki kepada ketinggian layarnya. Lakarkan diagram yang berkaitan untuk menyokong jawapan anda. Anda tidak perlu mengira sebarang nilai sebenar di sini. Kiasan: aplikasikan apa yang telah anda gunakan di dalam Projek Berkumpulan anda.  
(10 markah)



**Gambarajah 1: Sebuah pesawat ATR 72-500 yang dimiliki dan dikendalikan oleh Firefly Sdn. Bhd.**

*Jadual 1: Parameter pesawat dan ciri-ciri penerbangan bagi ATR 72-500.*

No.	Parameter	Simbol	Nilai
1	Span Sayap	b	27.05 m
2	Luas Sayap	S	61 m <sup>2</sup>
3	Jisim Berlepas Maksima	$m_{TO}$	22800 kg
4	Pekali Daya Seret Daya-angkat-sifar	$C_{D,0}$	0.024
5	Faktor kecekapan Oswald	$e_0$	0.75
6	Faktor Kecekapan Bilah	$\eta_{pr}$	0.6
8	Ketumpatan Udara di Ketinggian Penerbangan Layar	$\rho_\infty$	1.225 kg/m <sup>3</sup>
9	Total Shaft Power (per engine)	P	2050 kW

*Nota: Beberapa nilai-nilai ini adalah anggaran kasar berdasarkan maklumat yang ada.*



3. *Airbus A320 (lihat **Gambarajah 2**) adalah sebuah pesawat jarak pendek-hingga-sederhana dengan enjin berkembar. Ia telah dikenali sebagai pesawat yang paling laris jualannya. AirAsia Berhad sendiri memiliki dan mengendalikan satu armada lengkap 81 buah pesawat yang kesemuanya terdiri daripada model ini. Parameter yang relevan diberikan di dalam **Jadual 2**. Sila jawab soalan-soalan berikut:*

[a] *Plotkan graf faktor beban maksima vs. halaju penerbangan bagi pesawat tersebut sebaik selepas berlepas. Gunakan sekurang-kurangnya 5 halaju, bermula daripada halaju pegun (yang anda perlu anda kirakan) kepada halaju transonik (yang lebih kurang 900 km/h).*

**(20 markah)**

[b] *Kirakan jejari membelok minima ( $R_{min}$ ) yang mungkin dihasilkan berdasarkan daya tujahan maksima enjin pesawat, dan tunjukkan keadaan tersebut di dalam graf di (a).*

**(10 markah)**

[c] *Bolehkah keadaan penerbangan ini berlaku? Kenapa? Gunakan graf di (a) untuk menerangkan dengan terperinci, dan menunjukkan di mana titik sebenar bagi  $R_{min}$  sekiranya ada.*

**(10 markah)**



*Gambarajah 2: Sebuah pesawat Airbus A320 yang dimiliki dan dikendalikan oleh AirAsia Berhad.*

*Jadual 2: Parameter rekabentuk pesawat dan ciri-ciri penerbangan bagi Airbus A320.*

<b>No.</b>	<b>Parameter</b>	<b>Symbol</b>	<b>Value (Nilai)</b>
1	<i>Span Sayap</i>	$b$	35.8 m
2	<i>Luas Sayap</i>	$S$	124 m <sup>2</sup>
3	<i>Jisim Berlepas Maksima</i>	$m_{TO}$	78000 kg
4	<i>Pekali Daya Seret Daya-angkat-sifar</i>	$C_{D,0}$	0.02
5	<i>Faktor kecekapan Oswald</i>	$e_0$	0.66
6	<i>Jumlah Daya Tujahan Maksima, bagi setiap enjin</i>	$T_{A,max}$	120 kN
7	<i>Pemalar Daya-angkat Maksima</i>	$c_{L,max}$	1.9

Nota: Beberapa nilai-nilai ini adalah anggaran kasar berdasarkan maklumat yang ada.

000000000

